



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

ISSN 0433 6461

(11) 211 029

Int.Cl.

3(51) H 04 L 5/14

H 04 B 3/20

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP H 04 L/ 2439 472

(22) 08 10 82

(44) 27 06 84

(71) VEB RFT FERNMELDEWERK LEIPZIG, DD.  
(72) KOERNER, ANDREAS, DIPL. ING., GRÖNAK, MANFRED, DIPL. ING., DD;

(54) EINRICHTUNG ZUR ECHOKOMPENSATION FUER DUPLEXUEBERTRAGUNG AUF  
ZWEIDRAHTVERBINDUNGSLEITUNGEN

(57) Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Echokompensation für Duplexübertragung auf Zweidrahtleitungen, die das Echosignal einer Gabelschaltung im Zeitbereich kompensiert. Ziel der Erfindung ist eine ökonomische Schaltungsrealisierung auf der Grundlage integrierter, digitaler Standardschaltkreise. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Sendedaten, die nach dem Durchlaufen einer Impulsformung und der Gabelschaltung auf die Zweidrahtleitung gelangen, gleichzeitig zur Erzeugung eines Superzeichens in einem Schieberegister gespeichert und direkt zur Addressierung der in einem Schreib/Lese-Speicher enthaltenen Korrekturdaten verwendet werden. Entsprechend dem Superzeichen gelangen die Korrekturdaten über einen Digital/Analog-Wandler auf ein Summationsglied, in dem die Kompensation des Echos im Empfangssignal stattfindet. Die Adaption der Korrekturdaten erfolgt interpolierend über eine Auswertung der Summensignale mit einem Sign-Komparator unter Veränderung der Korrekturdaten um einen konstanten Betrag. Die Erfindung findet ihre Anwendung in Einrichtungen zur duplexfähigen Übertragung von isochronen Datensignalen in der digitalen Datenübertragung, der Rechentechnik sowie in der digitalen Telefonieübertragung. Fig. 1



# Einrichtung zur Echokompensation für Duplexübertragung auf Zweidrahtverbindungsleitungen

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Echokompensation für Duplexübertragung auf Zweidrahtverbindungsleitungen, die das Echosignal einer Gabelschaltung im Zeitbereich kompensiert. Das Kompensationssignal wird in einem adaptiven, nichtrekursiven Digitalfilter aus dem Sendesignal und einem zweiwertigen Fehlersignal erzeugt und additiv dem Eingangssignal der Einrichtung überlagert.

Die Einrichtung ist zur duplexfähigen Übertragung von isochronen Datensignalen im Basisband geeignet, was insbesondere in der digitalen Datenübertragung, der Rechentechnik sowie für die digitale Telefonieübertragung genutzt werden kann.

## Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Für die digitale Duplexübertragung im Basisband über Zweidrahtverbindungsleitungen werden richtungstrennende Netzwerke, meist Gabelschaltungen, verwendet. Eine optimale Funktion solcher Schaltungen ist nur dann gewährleistet, wenn die Übertragungsgrößen der Leitungen genau nachgebildet werden. Dazu sind für jeden konkreten Fall die Leitungsart und Leitungslänge umfangreiche Abgleichvorgänge notwendig. Anderenfalls gelangen Störanteile des eigenen Sendesignals als Echo in den Empfangsteil der Übertragungseinrichtung und führen zu einer Verfälschung des Empfangssignals. Zur Verringerung dieser Störanteile und damit zu Ver-

besserung der Übertragungsqualität und insbesondere der Übertragungsbereichweite können adaptive Echokompensatoren eingesetzt werden, die sich automatisch den jeweiligen Leistungsverhältnissen anpassen. Dazu sind mehrere technische Lösungen bekannt.

In der DE-OS 2 944 686 wird eine Einrichtung mit einer Gabelschaltung beschrieben, bei der die Echokompensation mit einem adaptiven, nichtrekursiven Digitalfilter erfolgt, dessen Koeffizienten nach einem Korrelationsalgorithmus durch Minimierung eines mittleren Fehlerbetrages erfolgt. Dazu werden innerhalb endlicher Zeitintervalle  $G$  die Durchschnittswerte für die Gradienten der Koeffizientennachstellung ermittelt und durch Addition das Kompensationssignal erzeugt. Nachteilig bei dieser Lösung ist einmal die Tatsache, daß eine Koeffizientennachstellung erst jeweils am Ende eines solchen Zeitintervalls erfolgt und damit die Anpassung relativ langsam vor sich geht. Zum anderen ist ein sehr hoher Aufwand an Zühschaltungen und Zwischenspeichern nötig. Und schließlich erfordert die notwendige Addition im Falle einer Parallelverarbeitung ein aufwendiges Rechenwerk bzw. bei serieller Verarbeitung eine hohe Faktgeschwindigkeit.

Die in der DE-OS 3 009 450 beschriebene Echoausgleichanordnung für homochrome Datenübertragungssysteme arbeitet dagegen nach dem Sign-Algorithmus, der technisch einfacher zu realisieren ist und bei dem die Korrekturwerte nach jedem Datenintervall zur Verfügung stehen. Dadurch kann mit dieser Lösung eine größere Anfangskonvergenz erreicht werden, als das bei der o. g. Einrichtung der Fall ist. In der hier beschriebenen Anordnung wird als Kompensationsnetzwerk ebenfalls ein nichtrekursives Filter mit einstellbaren Koeffizienten verwendet, wobei diese durch eine Vielzahl von Multiplikationen und Additionen erzeugt werden. Sehr nachteilig bei diesem Verfahren ist ebenfalls der hohe Aufwand für die Schaltungsrealisierung.

Damit ergeben sich sowohl für die Einrichtung nach DE-OS 2 944 686 als auch für die nach DE-OS 3 009 450 keine ökonomisch realisierbare Schaltungen, die sich mit kommerziellen Schaltkreisfamilien aufbauen lassen.

### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zur Echokompensation zu schaffen, die in ihrer Realisierung so einfach und wenig aufwendig wird, daß sie sich mit integrierten Bausteinen international üblicher, digitaler Schaltkreisfamilien ökonomisch und platzsparend aufbauen läßt.

### Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die bei der digitalen Duplex-Übertragung über Zweidrahtleitungen mit Gabelschaltungen auftretenden Echosignale, welche durch Fehlanpassung an die Leitung entstehen, adaptiv zu kompensieren.

Damit soll eine störungsfreie Übertragung der isochronen Datensignale in beiden Richtungen über in bestimmten Grenzen frei wählbare Leitungsarten und Leitungslängen möglich werden. Die Kompensation soll im Zeitbereich erfolgen und den durchgängigen Einsatz international üblicher, integrierter Schaltkreise, schwerpunktmäßig in leistungsarmer Digitaltechnik, ermöglichen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Seriedaten der Datenquelle, die über ein Impulsformungsfilter und die Gabelschaltung auf die Übertragungsleitung gelangen, gleichzeitig in ein Schieberegister gegeben werden. Dieses Schieberegister enthält so entsprechend seiner Länge ein Superzeichen, das einem aktuellen Teil der Sendefolge entspricht, damit im Zusammenhang mit einer konkreten Leitung das Echo-signal determiniert und so eindeutig zur Kennung der Korrekturdaten herangezogen werden kann. Die Korrekturdaten sind in einem Schreib/Lese-Speicher seriell abgelegt, zu dem das Schieberegister einen Adreßzugriff hat.

Ein weiterer Bereich von Adreßleitungen wird von einem Zähler angesteuert. Dieser ist für das Ansprechen der einzelnen seriellen Bits eines Korrekturzeichens zuständig. Es ermöglicht das Schreiben und Lesen dieser Bits in der richtigen Reihenfolge.

Entsprechend dem Abtasttheorem ist es notwendig, für jedes Sendesignal und damit auch für jedes Superzeichen mindestens zwei Korrekturdaten zu erzeugen. Für deren Unterbringung wird deshalb im Schreib/Lese-Speicher eine entsprechende Anzahl von Unterbereichen vorgesehen, welche vom gleichen Superzeichen und vom gleichen Zählerzyklus aufgerufen werden. Zur Auswahl der Bereiche ist der Zähler deshalb über einen Steuerbus mit einem Datenzuordner und dem Schreib/Lese-Speicher verbunden. Letzteres wird vor bzw. hinter die Datenein- bzw. Datenausgänge des Speichers geschaltet.

Der gleiche Steuerbus ist mit einem Adreßzuordner verbunden, der zwischen dem Schieberegister und dem Speicher liegt. Mit ihm wird im Zusammenhang mit dem Datenzuordner ein paralleles Abarbeiten der Ein- und Ausgabe von Korrekturdaten mehrerer Bereiche des Speichers möglich.

Vom Datenzuordner gelangen die Korrektursignale über ein zweites Schieberegister, das zur Seriell/Parallel-Wandlung dient, und einen Zwischenspeicher auf einen Digital/Analog-Wandler, der sie in einer Summierstufe dem Empfangssignal zusetzt. Dieses Zusetzen bewirkt die Kompensation des Echsignals, das dem Empfangssignal überlagert ist und das gemeinsam mit diesem aus der Gabelschaltung über einen Tiefpaß und ein Abtast/Halteglied ebenfalls auf die Summationsstufe geführt wird.

Ebenso wird der Summationsstufe ein Gleichsignal mit negativem Vorzeichen zugefügt. Dieses ermöglicht es, das Korrektursignal nur mit positiven Werten abzuspeichern, wodurch eine Vereinfachung der Schaltung zur Einstellung der Korrekturdaten erreicht wird.

Der Ausgang der Summationsstufe mit dem kompensierten Echsignal führt über einen Empfangstiefpaß zur Datensenke. Die Auswertung des Fehlers wird von einem einfachen Sign-Komparator vorgenommen. Er wirkt über zwei Antivalenzen und eine digitale Additionsstufe mit einem konstanten Summanden auf die Kompensationsdaten ein, wobei er sie je nach Ausgangsgröße um eins erhöht oder erniedrigt. Damit erfolgt der Kompensationsvorgang auf der Grundlage einer Interpolation mit dem Sign-Algorithmus.

### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden, das in Figur 1 dargestellt ist.

Die digitalen Daten der Quelle 1 gelangen zunächst auf ein Impulsformungsfilter 18, das zur notwendigen Bandbegrenzung benötigt wird und das ein günstiges Spektrum zur Übertragung schafft. Von dort werden die Signale auf den Eingang der Gabelschaltung 21 geführt. Dieser ist mit der Zweidraht-Übertragungsleitung 22 verbunden. Um für mittlere Parameter der möglichen Übertragungsleitungen optimale Gabelbedingungen zu schaffen, wird die Gabel mit einer festen Kompromißnachbildung 20 auf diese Werte angepaßt.

Die Sendedaten der Quelle gelangen aber auch auf das Schieberegister 3. Seine Länge muß so bemessen sein, daß das in ihm gespeicherte Superzeichen in der Größenordnung des Zeitraumes der zu erwartenden Echosignale liegt. Bei einer Datenrate von 3 kbit/s und einem Superzeichen von 4 bit Länge entspricht das einer wirksamen Zeit zur Echokompensation von 1,33 ms. Weiterhin muß das Schieberegister ein Bit länger als das Superzeichen sein, damit die zwischen der Ausgabe der Korrektursignale und ihrer Veränderung in Auswertung des Sign-Komparators 10 liegende Laufzeit berücksichtigt werden kann. Hierbei wird der Adreßzuordner 4 wirksam.

Der Schreib/Lese-Speicher 5, der die Korrekturwerte zur Echokompensation enthält, wird sinnvollerweise mit drei Unterbereichen aufgebaut. Dadurch entsteht gegenüber dem Abtasttheorem eine gewisse Überbestimmung, die jedoch den Aufwand nicht übermäßig erhöht und durch den Ausgleich von Digitalisierungsfehlern und einer Verbesserung der Kompensation gerechtfertigt wird. Die drei Unterbereiche werden von drei RAM gebildet, die parallel zueinander arbeiten. Zur Auswahl der Korrekturdaten wird der Adreßbus A2 mit dem Superzeichen belegt. Dabei wird jedoch über dem Adreßzuordner 4 nach Bedarf das aktuelle oder das vorhergehende Superzeichen den Unterbereichen zugeordnet.

Der Zähler 3 übernimmt die Ansteuerung der einzelnen Bits der Korrekturdaten über den Adreßbus A1 sowie die des Steuerbusses B. Bei einer Breite des Adreßbusses A1 von 4 Bit lassen sich Korrekturzeichen von maximal 16 Bit Länge erzeugen. Damit läßt sich ein Dynamikbereich für die Korrektursignale überstreichen, der in der Praxis nicht voll ausgenutzt zu werden braucht. Zumindest die Ausgabe an der Summationsstufe 14 kann in reduzierter Form erfolgen.

Bei drei Unterbereichen des Speichers besitzt der Steuerbus eine Breite von 2 Bit. Er übernimmt die Steuerung der Aktivierung sowie der Schreib/Lese-Umschaltung der Speicherbereiche ebenso wie die Steuerung von Adreßzuordner und Datenzuordner 6.

Die Korrekturzeichen gelangen jeweils seriell einmal in ein zweites Schieberegister 11 und einmal über eine Antivalenz 9 in eine Additionsstufe 8. Das Schieberegister 11 übernimmt zusammen mit dem Zwischenspeicher 12 die Seriell/Parallel-Wandlung der Zeichen, die über den Digital/Analog-Wandler 13 der Summationsstufe 14 über einen positiven Eingang zugeleitet werden. Von der Gleichspannungsquelle 15 wird der Summationsstufe über einen negativen Eingang eine Spannung zugeführt, die dem halben Wert des Dynamikbereichs der Korrektursignale entspricht und so ein vorzeichenloses Abspeichern derselben ermöglicht.

Mit der gleichen Frequenz, mit der die Korrekturdaten erzeugt werden, wird das Empfangssignal der Gabel nach dem Eingangstiefpaß 23 mit dem Abtast/Halte-Glied 19 abgetastet und auf die Summationsstufe gegeben. An ihrem Ausgang kann das kompensierte Empfangssignal abgenommen werden, das bis zur Datensenke 16 nur noch den Empfangstiefpaß 17 durchläuft.

Der Adaptionsvorgang der Korrektursignale erfolgt in einem einfachen Halbadder, der Additionsstufe 8. Hier wird seriell jede einlaufende Binärzahl um 1 erhöht. Dadurch, daß die Korrekturdaten jedoch vorher und nachher die Antivalenzen 9 und 7 durchlaufen, die bei einer logischen 1 aus dem Sign-Komparator das Komplement der Binärzahl bilden, wirkt die Addition in diesem Fall als Verringerung des Korrekturwertes, bei einer logischen 0 wird der Korrekturwert erhöht. Die veränderten Korrekturdaten laufen nun seriell über den Datenzuordner in den erforderlichen Speicherfeldern eines der drei RAM-Bausteine des Speichers ein.



Zur günstigen Ausnutzung der Verarbeitungsgeschwindigkeit laufen immer mehrere Operationen im Echokompensator gleichzeitig ab. Der Rahmen für diese Operation wird vom Steuerbus erzeugt und entspricht in dem gewählten Beispiel  $1/3$  der Zeit eines Übertragungsbits, d. h.  $1/3$  der Dauer eines Superzeichens. Drei Rahmen bilden einen Grundzyklus, der folgendermaßen abläuft:

1. Rahmen: Lesen des aktuellen Korrekturwertes aus dem Speicher 5 in das Schieberregister 11
2. Rahmen: Übernahme des Wertes in den Zwischenspeicher und Ausgabe über den Digital/Analog-Wandler mit Kompensation im Summationsglied
3. Rahmen: Auswertung des Sign-Komparators mit Erhöhung oder Verringerung des Korrekturwertes, der ein zweites mal aus dem Speicher gelesen und verändert wieder eingeschrieben wird

Da innerhalb jedes Rahmens ein Korrekturwert angegeben werden muß, laufen für jeden der drei Speicherbereiche die Grundzyklen, immer um einen Rahmen versetzt, gleichzeitig ab. Während ein Korrekturwort aus dem ersten Speicherbereich gelesen wird, wird das des zweiten Speicherbereichs am Summationsglied zur Kompensation ausgegeben und das Korrekturwort des dritten Speicherbereichs wird gelesen, verändert und neu eingeschrieben.

Eine Verringerung der Breite der Korrekturdaten von der Verarbeitung im Speicher und in der Additionsstufe zur Analogausgabe im Summationsglied bewirkt, daß trotz ständiger Veränderung der Korrekturdaten ein konstantes Korrekturwort ausgegeben wird, nachdem die Adaption abgeschlossen ist.

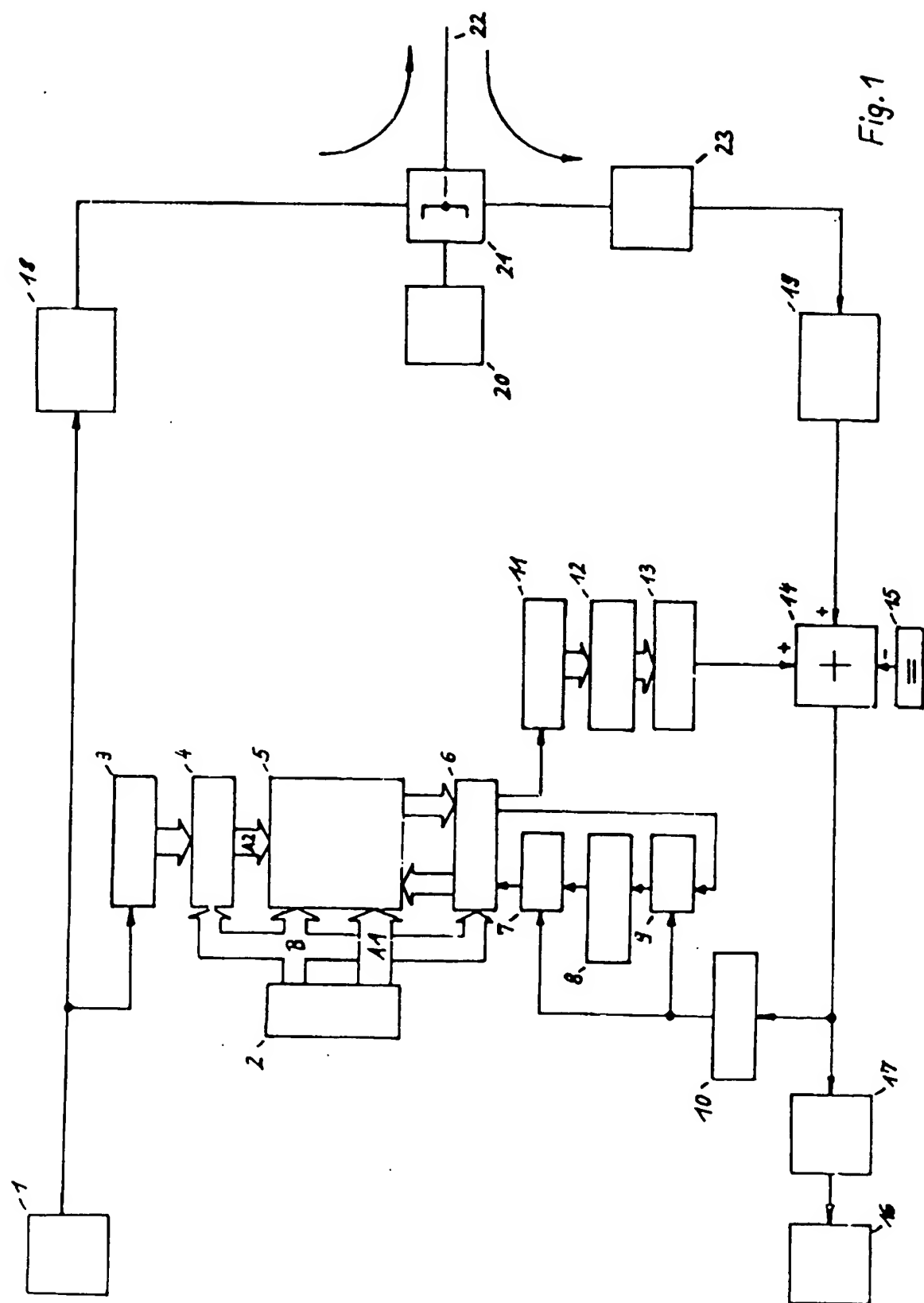
Voraussetzung für eine richtige Adaption ist die statistische Unabhängigkeit zwischen Sende- und Empfangsdaten.



### Erfindungsanspruch

Einrichtung zur Echokompensation für Duplexübertragung auf Zweidrahtverbindungsleitungen mit einer Gabelschaltung und fest eingestellter Leitungsnachbildung unter Verwendung eines adaptiven, nichtrekursiven Digitalfilters auf der Grundlage einer Interpolation mit Sign-Algorithmus dadurch gekennzeichnet, daß das digitale Sendesignal der Datenquelle an einem Impulsformungsfilter und an einem ersten Schieberegister anliegt, der Ausgang dieses Impulsformungsfilters mit einem Eingang der Gabelschaltung verbunden ist, die parallelen Ausgänge des ersten Schieberegisters über einen Adreßzuordner mit einer ersten Gruppe von Adreßleitungen eines Schreib/Lese-Speichers verbunden sind, der in mindestens zwei Unterbereiche mit gleicher Adressierung aber getrennter Ein/Ausgabesteuerung aufgeteilt ist, ein Zähler mit einer zweiten Gruppe von Adreßleitungen des Schreib/Lese-Speichers verbunden ist, wobei weitere Ausgänge des Zählers die Signale für einen Steuerbus erzeugen, der mit dem Adreßzuordner, dem Schreib/Lese-Speicher und einem Datenzuordner verbunden ist, und wobei der Datenzuordner das Verbindungsglied darstellt von den Datenleitungen des Schreib/Lese-Speichers zu dem seriellen Eingang eines zweiten Schieberegisters, dessen parallele Ausgänge mit den Eingängen eines Zwischenspeichers verbunden sind und dessen Ausgänge auf die Eingänge eines Digital/Analog-Wandlers führen, der über seinen Ausgang mit einem positiven Eingang eines Summationsgliedes verbunden ist, wobei ein negativer Eingang des Summationsgliedes mit einer Konstantenspannungsquelle verbunden ist und ein zweiter positiver Eingang des Summationsgliedes zum Ausgang eines Abtast/Halte-Gliedes führt, das eingangsseitig mit dem Ausgang der Gabelschaltung über einen Eingangstiefpaß verbunden ist, und der Ausgang des Summationsgliedes mit dem Eingang eines Empfangstiefpasses, der ausgangsseitig zur Datensenke führt sowie dem Eingang eines Sign-Komparators verbunden ist und der Datenzuordner weiterhin das Verbindungsglied darstellt von den Datenleitungen des Schreib/Lese-Speichers zu dem ersten Eingang einer ersten Antivalenz, deren zweiter Eingang mit dem Ausgang des Sign-Komparators verbunden ist und deren Ausgang mit dem Eingang einer Additionsstufe mit dem konstanten Summanden 1 verbunden ist und zu dem Ausgang einer zweiten Antivalenz, deren erster Eingang mit dem Ausgang der Additionsstufe und deren zweiter Eingang mit dem Ausgang des Sign-Komparators verbunden ist.

Dazu 1 Blatt Zeichnung.



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**